

О.Ф. Кузькін, к.т.н., доц.  
О.А. Лашених, к.т.н., доц.  
А.В. Якимов, асист.

*Запорізький національний технічний університет*

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МІСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТАКСІ МЕТОДОМ АКТИВНО-ПАСИВНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

*Виявлено основні фактори, що впливають на показники роботи автобусів в режимі маршрутного таксі. Проведено аналіз основних статистичних характеристик та досліджено статистичний зв'язок між результативним та факторними ознаками.*

**Ключові слова:** автобус, маршрутне таксі, аналіз, транспорт.

**Вступ.** Проведено комплексне дослідження роботи міського пасажирського транспорту в режимі маршрутного таксі. На даному етапі досліджень ставиться задача виявлення основних факторів, що впливають на показники ефективності роботи маршрутного таксі [1, 3, 4].

**Викладення основного матеріалу.** Априорі для статистичного аналізу обрані наступні  $m=11$  факторів:

- довжина маршруту в км –  $l_m$ ;
- щільність світлофорної сигналізації, що дорівнює відношенню загальної кількості світлофорів на маршруті до його довжини –  $\rho_{\text{сф}}$ ;
- щільність зупиночних пунктів, що дорівнює відношенню загальної кількості зупинок в одному напрямку до довжини маршруту –  $\rho_{\text{зуп}}$ ;
- питома вага затримок біля світлофорів, що визначається як відношення загальної кількості затримок маршрутного таксі біля світлофорів за одну їзду до довжини маршруту, –  $\alpha$ ;
- питома вага позаштатних ситуацій, що визначається як відношення загальної кількості вимушених зупинок маршрутного таксі за одну їзду до довжини маршруту, –  $\beta$ ;
- питома вага транзитних зупиночних пунктів, що дорівнює відношенню загальної кількості зупинок, на яких не проводилася посадка-висадка пасажирів, за одну їзду до довжини маршруту, –  $\gamma$ ;
- тривалість посадки-висадки пасажирів на одній зупинці (с) –  $t_{\text{п-в}}$ ;
- тривалість затримки біля одного світлофору (с) –  $t_{\text{сф}}$ ;
- тривалість вимушеної затримки (с) –  $t_{\text{вз}}$ ;
- сезонність роботи маршрутного таксі, що позначається порядковим номером місяця,  $k$ ;
- напрямок руху маршрутного таксі: прямий – код  $\rho=1$ ; зворотний – код  $\rho=2$ .

Як функція відгуку прийнята загальна тривалість їздки  $T_e$ .

Тоді, виходячи з системного підходу, роботу маршрутного таксі можна представити у вигляді такої концептуальної моделі:

$$T_e = \langle l_m, \rho_{\text{сф}}, \rho_{\text{зуп}}, \alpha, \beta, \gamma, t_{\text{п-в}}, t_{\text{сф}}, t_{\text{вз}}, k, \rho \rangle. \quad (1)$$

Дослідження роботи маршрутного таксі розглядалось в наступних аспектах:

- оцінка ступеню впливу перерахованих факторів на тривалість їздки в одному напрямку;
- побудова математичної моделі роботи маршрутного таксі;
- оптимізація параметрів транспортного процесу роботи маршрутного таксі.

*Розв'язання поставлених задач базується на методі активно-пасивного експерименту.*

Це пов'язано з тим, що серед множини факторів, прийнятих для аналізу, маються такі, які можна цілеспрямовано регулювати, а також фактори, що діють стохастично і дуже часто непередбачувано. В цих умовах побудова адекватної моделі процесу пов'язана з певними труднощами.

Спочатку вирішується питання про скорочення факторного простору за рахунок об'єднання однотипних даних. З цією метою здійснюється відбір некорельованих (слабокорельованих) параметрів на підставі даних кореляційної матриці, складеної з мір тісноти зв'язку між випадковими величинами [5, 6]. Як міри тісноти зв'язку використані коефіцієнти кореляції, обчислені на підставі вихідних даних, представлених в таблиці 1. В результаті отримано наступну кореляційну таблицю (табл. 2).

Таблиця 1

Фрагмент таблиці вихідних даних для обчислення коефіцієнтів кореляції

| Фактор                         |       |                    |                     |          |         |          |                  |                 |                 |          |          |
|--------------------------------|-------|--------------------|---------------------|----------|---------|----------|------------------|-----------------|-----------------|----------|----------|
| $T_e$                          | $I_m$ | $\rho_{\text{сф}}$ | $\rho_{\text{зуп}}$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $t_{\text{п-в}}$ | $t_{\text{сф}}$ | $t_{\text{вз}}$ | $k$      | $\rho$   |
| Математичне позначення фактора |       |                    |                     |          |         |          |                  |                 |                 |          |          |
| $Y$                            | $X_1$ | $X_2$              | $X_3$               | $X_4$    | $X_5$   | $X_6$    | $X_7$            | $X_8$           | $X_9$           | $X_{10}$ | $X_{11}$ |
| 25,3                           | 18,3  | 0,56               | 0,87                | 0,11     | 0       | 0,22     | 31,7             | 20              | 0               | 6        | 1        |
| 26,1                           | 18,3  | 0,56               | 0,87                | 0        | 0,05    | 0,11     | 32,8             | 0               | 15              | 6        | 1        |
| 27,2                           | 18,3  | 0,56               | 0,87                | 0,05     | 0,11    | 0,22     | 27,6             | 23              | 9               | 6        | 1        |
| 28,2                           | 18,3  | 0,56               | 0,87                | 0,22     | 0,05    | 0,11     | 25,5             | 15,2            | 9               | 6        | 1        |
| 32,1                           | 18,3  | 0,56               | 0,87                | 0,05     | 0       | 0,05     | 28,7             | 14              | 0               | 6        | 1        |
| ...                            | ...   | ...                | ...                 | ...      | ...     | ...      | ...              | ...             | ...             | ...      | ...      |
| 20                             | 14    | 0,5                | 0,71                | 0,36     | 0,14    | 0        | 17,3             | 20,4            | 67              | 4        | 1        |
| 27                             | 14    | 0,5                | 0,71                | 0,36     | 0,14    | 0        | 14,8             | 19,4            | 130             | 4        | 1        |
| 41                             | 14    | 0,5                | 0,71                | 0,36     | 0,21    | 0        | 18,6             | 17,8            | 187             | 4        | 1        |
| 20                             | 14    | 0,5                | 0,71                | 0,43     | 0,14    | 0        | 17,8             | 22,2            | 5               | 4        | 2        |
| 30                             | 14    | 0,5                | 0,71                | 0,28     | 0,07    | 0        | 30,1             | 25,5            | 712             | 4        | 2        |
| 36                             | 14    | 0,5                | 0,71                | 0,28     | 0,14    | 0        | 14,0             | 17,8            | 62              | 4        | 2        |

Таблиця 2

Кореляційна таблиця

|          | $Y$   | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | $X_6$ | $X_7$ | $X_8$ | $X_9$ | $X_{10}$ | $X_{11}$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|
| $Y$      | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |          |
| $X_1$    | 0,68  | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |       |          |          |
| $X_2$    | -0,60 | -0,74 | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |          |          |
| $X_3$    | -0,12 | -0,29 | 0,79  | 1,00  |       |       |       |       |       |       |          |          |
| $X_4$    | -0,44 | -0,56 | 0,82  | 0,67  | 1,00  |       |       |       |       |       |          |          |
| $X_5$    | -0,41 | -0,31 | 0,10  | -0,28 | 0,13  | 1,00  |       |       |       |       |          |          |
| $X_6$    | 0,45  | 0,67  | -0,07 | 0,45  | 0,08  | -0,41 | 1,00  |       |       |       |          |          |
| $X_7$    | -0,79 | -0,81 | 0,79  | 0,31  | 0,61  | 0,42  | -0,46 | 1,00  |       |       |          |          |
| $X_8$    | 0,47  | 0,22  | -0,38 | -0,06 | -0,29 | -0,43 | 0,12  | -0,55 | 1,00  |       |          |          |
| $X_9$    | 0,10  | 0,01  | -0,33 | -0,48 | -0,17 | 0,12  | -0,25 | -0,08 | 0,16  | 1,00  |          |          |
| $X_{10}$ | -0,02 | 0,32  | -0,28 | -0,29 | -0,38 | 0,02  | 0,00  | -0,13 | -0,31 | -0,19 | 1,00     |          |
| $X_{11}$ | 0,09  | 0,09  | -0,13 | -0,03 | -0,09 | -0,06 | 0,11  | -0,16 | 0,12  | 0,16  | 0,03     | 1,00     |

Аналіз таблиці 2 свідчить про те, що є у наявності сильнокорельовані фактори, які дублюють одне одного та по суті не несуть в собі ніякої корисної інформації про процес. Тому такі фактори можуть бути виключені з подальшого розгляду. Для цього використовується метод кореляційних плеяд [2]. Він призначений для знаходження таких груп ознак – «плеяд», коли кореляційний зв'язок, тобто сума модулів коефіцієнтів кореляції між параметрами однієї групи (внутрішньоплеядний зв'язок) достатньо великий, а зв'язок між параметрами з різних груп (міжплеядний) – малий. На рисунку 1 побудовано кореляційну плеяду з граничним значенням коефіцієнта кореляції  $|r_{\text{ф}}| \leq 0,4$ .

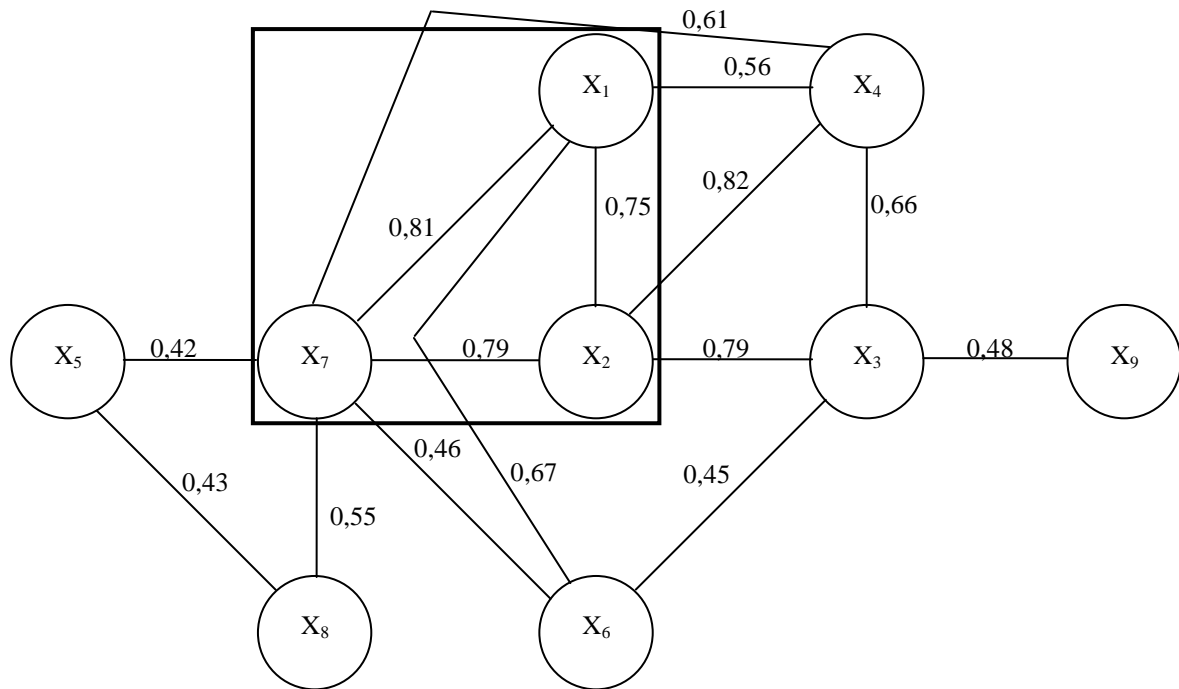


Рис. 1. Граф кореляційної плеяди

На рисунку 1 можна виділити три основні фактори ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_7$ ), навколо яких утворюються різноманітні внутрішньоплеядні сильні зв'язки. За узагальнюючий для цих плеяд приймаємо фактор  $X_1$ . Крім того, спостерігається дуже слабкий кореляційний зв'язок між результативною ознакою  $Y$  та факторними ознаками  $X_{10}$  та  $X_{11}$ . Внаслідок цього з подальшого аналізу можна виключити фактори  $X_2$ ,  $X_7$ ,  $X_{10}$ ,  $X_{11}$ . В результаті отримуємо наступну функціональну модель:

$$T_e = \langle I_m, \rho_{зуп}, \alpha, \beta, \gamma, t_{сф}, t_{вз} \rangle. \quad (2)$$

Аналіз основних статистичних характеристик наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

## Вибіркові оцінки основних статистичних характеристик

| Статистична характеристика | Числове значення для ознаки |       |              |          |         |          |          |          |
|----------------------------|-----------------------------|-------|--------------|----------|---------|----------|----------|----------|
|                            | $T_e$                       | $I_m$ | $\rho_{зуп}$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $t_{сф}$ | $t_{вз}$ |
| Середнє арифметичне        | 27,32                       | 13,86 | 1,21         | 0,45     | 0,07    | 0,26     | 19,41    | 33,12    |
| Стандартне відхилення      | 7,33                        | 5,43  | 0,32         | 0,27     | 0,12    | 0,33     | 7,32     | 104,57   |
| Коефіцієнт варіації, %     | 26,83                       | 39,18 | 26,38        | 60,37    | 164,60  | 125,35   | 37,70    | 315,73   |

З таблиці 3 випливає, що більшість досліджуваних ознак за своєю природою є неоднорідними. Ця неоднорідність пов'язана в основному з роботою світлофорів та наявністю заторів.

Дослідження статистичного зв'язку між результативним і факторними ознаками. Оцінка тісноти зв'язку між досліджуваними ознаками була виконана за допомогою парного кореляційного регресійного аналізу [3], результати якого наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

## Аналіз статистичних зв'язків

| Функція | Регресійна залежність | Оцінка апроксимації |
|---------|-----------------------|---------------------|
|---------|-----------------------|---------------------|

| зв'язку               |   | стандартна похибка S | коефіцієнт кореляції r |
|-----------------------|---|----------------------|------------------------|
| $T_e = f(I_m)$        | $Y = \frac{47,72X_1}{8,85 + X_1}$             | 5,11                 | 0,81                   |
| $T_e = f(\rho_{зуп})$ | $Y = 48,81 - 18,56X_3$                        | 9,04                 | 0,69                   |
| $T_e = f(\alpha)$     | $Y = \frac{1}{0,043 - 0,054X_4 + 0,072X_4^2}$ | 5,93                 | 0,60                   |
| $T_e = f(\beta)$      | $Y = 29,13 - 23,99X_5$                        | 6,74                 | 0,41                   |
| $T_e = f(\gamma)$     | $Y = 23,46 + 29,78X_6 - 22,51X_6^2$           | 6,45                 | 0,50                   |
| $T_e = f(t_{сф})$     | $Y = 12,69 + 1,08X_8 - 0,01X_8^2$             | 5,98                 | 0,59                   |
| $T_e = f(t_{вз})$     | $Y = 30,02 - \frac{55,77}{X_9}$               | 5,75                 | 0,67                   |

**Висновки:**

1. Статистично обгрунтовано факторний простір для побудови математичної моделі роботи автобусів в режимі маршрутного таксі.

2. Встановлено тісноту статистичного зв'язку між результативною ознакою та кожною з прийнятих для аналізу факторних ознак.

**Список використаної літератури:**

1. Орлов А.М. Теория принятия решений : учебное пос. / А.И. Орлов. – М. : Изд-во «Март», 2004. – 656 с.
2. Терентьев П.В. Метод корреляционных плеед / П.В. Терентьев // Вестник ЛГУ. – 1959. – № 9. – С. 137–141.
3. Федосеев В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели : учебное пос. / Под ред. В.В. Федосеева. – М. : ЮНИТИ, 2002. – 391 с.
4. Елисеева И.И. Эконометрика : учебник / Под ред. И.И. Елисеевой. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
5. Cameron A.C. An R-squared measure of goodness of fit for some common nonlinear regression models / A.C. Cameron, A.D. Windmeijer // Journal of Econometrics. – 1997. – № 77. – P. 329–349.
6. Philips P.C.B. Linear regression limit theory for nonstationary panel data / P.C.B. Philips, H.R. Moon // Econometrica. – 1999. – № 67. – P. 1057–1111.

КУЗЬКІН Олександр Феліксович – кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– міські транспортні системи пасажирських перевезень.

Тел.: (067) 686–52–88.

E-mail: [tf301@ukr.net](mailto:tf301@ukr.net)

ЛАЩЕНИХ Олександр Андрійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– дослідження динаміки транспортних процесів.

Тел.: (061) 280–11–85.

E-mail: [tf301@ukr.net](mailto:tf301@ukr.net)

ЯКИМОВ Андрій Володимирович – асистент кафедри транспортних технологій Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси: – міські пасажирські перевезення.

Тел.: (063) 431–11–48.

E-mail: [anden\\_jak@mail.ru](mailto:anden_jak@mail.ru)

Стаття надійшла до редакції 26.08.2014

**Кузькін О.Ф., Лашених О.А., Якимов А.В.** Дослідження роботи міського маршрутного таксі методом активно-пасивного експерименту

**Кузькин А.Ф., Лашеных А.А., Якимов А.В.** Исследование работы городского маршрутного такси методом активно-пассивного эксперимента

**Kuzkin O.F., Laschenykh O.A., Yakimov A.V.** Researching of minibus working with the

УДК 519.252:656.025.2

**Исследование работы городского маршрутного такси методом активно-пассивного эксперимента / А.Ф. Кузькин, А.А. Лашеных, А.В. Якимов**

Выявлены основные факторы, влияющие на показатели работы автобусов в режиме маршрутного такси. Проведен анализ основных статистических характеристик и исследована статистическая связь между результирующим и факторными признаками.

**Ключевые слова:** автобус, маршрутное такси, анализ, транспорт.

УДК 519.252:656.025.2

**Researching of minibus working with the active-passive experiment method / O.F. Kuzkin, O.A. Laschenykh, A.V. Yakimov**

The main factors, that influences on minibus working was revealed. The analysis of the basic statistical characteristics was completed and the statistical link between the result and factor signs was researched.

**Keywords:** bus, taxi, analysis, transport.